

海の「天気予報」～どのように予測するか？～

山中 吾郎（気象庁気象研究所 海洋・地球化学研究部 第1研究室）

海の「天気予報」とは？

空の天気と同じように、海の中にも高気圧や低気圧の移動に伴う「天気」があります。日本周辺の海の中は、時計回りや反時計回りの渦、ジェット気流に対応する強い流れ（黒潮）によってダイナミックに変動しています。海の天気は水温や海流の変化、日本沿岸の潮位の変化、空の天気とも密接に関係しているのです。

気象庁では、数値モデルを用いて海の天気予報を行っています。現場観測技術や衛星によるリモートセンシング技術、計算機の発達等により、21世紀に入って力学的手法による海の天気予報が可能になりました。

海の天気予報のしくみ

海の天気予報は、空の天気予報と同様に(1)海を測る、(2)初期値をつくる、(3)数値モデルで予測する、という三つのステップで行います。

(1)では、船舶や人工衛星などを用いて観測した海のデータを世界中から収集します。

(2)では、収集した観測データを数値モデルの初期値として用いるために数値モデルの格子に補間します。数値予報を実行するためには、初めに三次元空間のすべての格子点で、ある時刻の水温、海流、海面高度などの海洋の状態（初期値）を与える必要があるからです。現在は「四次元変分法」という高度な手法が用いられ、観測データの三次元分布とその時間変化がバランスした初期値が作成されています。

(3)では、数値モデルに風や熱フラックスを与えて、未来の状態をスーパーコンピュータで計算します。数値モデルは、規則正しく並んだ格子で海洋を細かく覆い、そのひとつひとつの格子点の水温、海流、海面水位などの値の時間発展を、物理法則に基づいて計算します。

海の天気予報の例

海の天気予報の例を紹介しましょう。昨年8月下旬に「黒潮大蛇行」と呼ばれる現象が発生しニュース等で話題となったのは記憶に新しいところです。黒潮大蛇行とは、通常は日本の南岸を直進する流路をとる黒潮が、東海沖で大きく蛇行する現象です。大蛇行が発生すると、沿岸の潮位や水産業、海上交通など社会的・経済的に大きな影響を与えるため、適切に予測することが必要です。

海の天気予報の結果を図に示します。左の図が実際の黒潮流路、右の図が数値モデルによる黒潮流路の1か月予報値です。数値モデルは大蛇行の予測に成功していることがわかります。大蛇行の発生には海洋内部の渦が重要な役割を担うため、数値モデルで渦を適切に表現することが鍵になります。

気象研究所における海の天気予報の研究

気象研究所では、海の天気予報の改善を目指した研究を行っています。海の観測では、水中グライダーと呼ばれる「海のロボット」を用いた新しい観測技術の開発を行っています。水中グライダーは浮力と重心位置を変化させることで鉛直動を水平動に変換し、低電力で前方に推進します。事前に設定した海域を無人で航行し、水中を上下して水温や塩分などの鉛直プロファイルを取得します。

また、次世代の海の天気予報システムの開発も行っています。新システムでは、数値モデルの解像度が従来の10kmから2kmに向上し、サブメソスケール渦と呼ばれる、より詳細な海洋構造を表現することが可能になります。新システムでは、黒潮の変動に伴う暖水の沿岸域への流入（暖水波及）やそれに伴う沿岸潮位変動などの予測精度向上が期待されます。

図 2017年9月30日の黒潮流路(暖色域に相当)。実況値(上)と1か月予報値(下)。
数値モデルは黒潮大蛇行の発生を1か月前から予測していることがわかる。

